

**Electroconductive plastics element for heater or electronic device - contains synergistic mixt. of carbon or graphite powder and fibres and opt. metal fibres**

**Patent number:** DE4024268  
**Publication date:** 1992-02-06  
**Inventor:** TEGETHOFF CHRISTOPH (DE); SCHLICKE GEORG (DE)  
**Applicant:** LEHMANN & VOSS & CO (DE)  
**Classification:**  
- **International:** C08K3/08; H01B1/22; H01B1/24; H05B3/14; C08K3/00; H01B1/22; H01B1/24; H05B3/14; (IPC1-7): C08K3/04; C08K3/08; C08K7/06; H01B1/24; H05B3/14  
- **European:** C08K3/08; H01B1/22; H01B1/24; H05B3/14P  
**Application number:** DE19904024268 19900731  
**Priority number(s):** DE19904024268 19900731

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE4024268**

Electroconductive plastics element (I) is based on thermoplastic plastics (mixts.) (II) and contains electroconductive carbon and opt. metals dispersed homogeneously in the (II) matrix. Novelty is that it contains (a-1) electroconductive C black (IIIA) and/or graphite powder (IIIB) or (a-2) electroconductive C fibres (IVA) and/or graphite fibres (IVB) in a concn. at least large enough to equal or exceed the percolation limit of the conductive particles in (II), (b-1) 0-5 (wt.)% (IV) or (b-2) 0-4% (III) and (c) 0-5% metal fibres (VA) and/or metallised C fibres (VB) so that (b) is 0% only if (c) is over 0%.  
USE/ADVANTAGE - (I) is claimed for use as heating element or electronic device, esp. in vehicle and aircraft technology. It is useful e.g. for heating elements for flat structures such as mats, liq. containers, exterior mirrors for vehicles, windscreen or headlamp washer units, etc. (I) has better electrical conductivity than usual, which is obtd. with a relatively low electroconductive filler concn., since the (a)-(b)-(c) combination has a synergistic effect and also a stabilising effect which prevents the danger of self-destruction. This makes it possible to produce (I) easily by commercial methods, e.g. extrusion or injection moulding. The conductivity can be adjusted in a relatively wide range without impairing the processability or the mechanical properties of the prod. The resistance/temp. coefft. can also be adjusted within a wide range, including small values at (very) low temps., e.g. at -15 to -40 deg.C, esp. if (V) are used.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 40 24 268 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 40 24 268.4  
㉔ Anmeldetag: 31. 7. 90  
㉕ Offenlegungstag: 6. 2. 92

㉖ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 08 K 3/04**  
C 08 K 3/08  
C 08 K 7/06  
H 01 B 1/24  
H 05 B 3/14  
// C 08 K 9/02, C 09 C  
1/48, 1/46, B 64 D  
15/12, 45/00, B 60 S  
1/46

DE 40 24 268 A 1

㉗ Anmelder:  
Lehmann & Voss & Co, 2000 Hamburg, DE

㉘ Vertreter:  
Schulmeyer, K., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
2087 Hasloh

㉙ Erfinder:  
Tegethoff, Christoph, 2000 Hamburg, DE; Schlicke,  
Georg, 2100 Hamburg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉚ Elektrisch leitfähiges Kunststoffelement und seine Verwendung

㉛ Die Erfindung betrifft ein elektrisch leitfähiges Kunststoffelement auf Basis von thermoplastischen oder duroplastischen Polymeren oder Polymerenmischungen mit in der Polymermatrix homogen verteilten elektrisch leitfähigen Zusätzen, von denen Ruß und/oder Graphitpulver oder Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern in einer Konzentration vorliegen, die mindestens so groß ist, daß die Perkulationsgrenze der leitfähigen Teilchen in der Polymermatrix erreicht oder gerade überschritten wird, während mindestens ein weiterer elektrisch leitfähiger Zusatzstoff in einer Konzentration zugefügt wird, die deutlich unter der zur Erreichung der Perkulationsgrenze erforderlichen Konzentration liegt.

DE 40 24 268 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein elektrisch leitfähiges Kunststoffelement auf der Basis von thermoplastischen oder duroplastischen Polymeren oder Polymerenmischungen sowie seine Verwendung.

Kunststoffelemente mit einer gewissen elektrischen Leitfähigkeit sind bereits bekannt. Sie erhalten diese charakteristische Eigenschaft durch möglichst homogen in der Polymermatrix verteilte leitfähige Zusatzstoffe, wie z. B. Graphit und/oder Rußteilchen und/oder Kohlenstoff- oder Graphitfasern.

So wird in der DE-AS 20 22 848 die Herstellung von elektrisch leitfähigen Kunststoffen beschrieben, bei der 5 bis 30 Gew.-% Graphitpulver mit einem mit ungesättigten Polyester copolymerisierbaren Monomeren, wie Styrol, Acrylnitril oder Methylmethacrylat, angefeuchtet werden und die erhaltene Mischung dann in ein ungesättigtes Polyesterharz eingemischt und das Gemisch ausgehärtet wird. Produkte mit einem Gehalt von 20 bis 25 Gew.-% Graphit werden als gut leitfähig bezeichnet, während niedrigere Gehalte an Graphit den polymeren Formkörpern lediglich antistatische Eigenschaften zu verleihen vermögen. Aus den Beispielen geht hervor, daß solche Produkte einen spezifischen elektrischen Widerstand von  $10^3$  bis  $10^7 \Omega \text{cm}$  haben.

Um die elektrische Leitfähigkeit von thermoplastischen Massen weiter zu erhöhen, hat man den Gehalt an elektrisch leitfähigen Zusatzstoffen, z. B. Ruß, entsprechend erhöht. Dabei hat sich gezeigt, daß z. B. hohe Rußbelastungen die mechanischen Eigenschaften, z. B. die Bruchdehnung oder Spannungsbruchfestigkeit, der Polymerprodukte verschlechtern und insbesondere bei tiefen Temperaturen zu einer verstärkten Versprödung des Materials führen. Um diese Nachteile zu vermeiden und eine annehmbare elektrische Leitfähigkeit auch mit niedrigeren Gehalten an z. B. Ruß zu erzielen, wird in DE-PS 23 45 303 vorgeschlagen, eine leitende polymere Zusammensetzung mit einem Rußgehalt von nicht mehr als 15 Gew.-% einer längeren Wärmebehandlung bei wenigstens  $120^\circ \text{C}$  zu unterwerfen.

In der DE-OS 35 10 959 werden elektrisch leitfähige Kunststoffe mit eingelagertem leitfähigem Ruß oder Graphit in einer Menge von 5 bis 25 Gew.-%, dem auch Metalle zudosiert werden können, beschrieben, wobei ein zusätzlicher Anteil von 3 bis 15 Gew.-% an Glasfasern oder Kohlenstofffasern dem Produkt die gewünschte Bruchfestigkeit und Formstabilität verleihen soll.

Aus DE-PS 35 24 631 ist ein polymeres elektrisches Verbundheizelement bekannt, das aus einem Vinylidenfluorid-Trifluorethylen-Copolymeren mit 5 bis 15 Gew.-% elektrisch leitendem Kohlenstoff besteht, wobei auch Gemische von elektrisch leitendem Kohlenstoff und Graphit oder von elektrisch leitendem Kohlenstoff und Kohlenstofffasern vorgeschlagen werden. Es wird angegeben, daß Mengen des kohlenstoffhaltigen Materials unter 3 Gew.-% zu einer Verschlechterung der elektrischen Leitfähigkeit des Heizelements führen.

Ferner kann man elektrisch leitende Polymermassen dadurch erhalten, daß man feinteilige Metallpulver in einer Kunststoffmatrix dispergiert, wie dies in der DE-PS 27 55 077 erwähnt wird.

Die elektrische Leitfähigkeit solcher Polymerzusammensetzungen wird u. a. von der Art und der Konzentration der elektrisch leitfähigen Füllstoffe und der Art und Zusammensetzung der Kunststoffmatrix bestimmt. Bei gleicher Kunststoffmatrix hängt die elektrische Leitfähigkeit wesentlich vom Füllgrad des elektrisch leitfähigen Füllstoffes ab; erst wenn ein bestimmter, experimentell ermittelbarer Füllgrad, die sog. Perkolationsgrenze, erreicht und überschritten wird, sind die Bedingungen für eine durchgehende elektrische Leitfähigkeit in dem betreffenden Polymerverbund erfüllt. Dies zeigt sich darin, daß die elektrische Leitfähigkeit in dem Polymersystem sprunghaft ansteigt. Der erreichbare obere Grenzwert der elektrischen Leitfähigkeit des Polymersystems ist von der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit des verwendeten Füllstoffes und seiner maximalen Konzentration, bei der sich das Polymersystem noch verarbeiten läßt, abhängig.

Wie aus dem vorstehend zitierten Stand der Technik hervorgeht, ist zur Erzielung einer ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit in dem jeweiligen Polymersystem ein relativ hoher Zusatz von ca. 10 bis 40 Gew.-% des oder der bekannten elektrisch leitfähigen Füllstoffe in möglichst homogener Verteilung in der Kunststoffmatrix erforderlich. Wie bereits ausgeführt, birgt ein hoher Anteil an Füllstoffen in der Kunststoffmatrix stets die Gefahr einer Beeinträchtigung der chemischen und mechanischen Eigenschaften des resultierenden Kunststoffmaterials in sich. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß bei Polymerverbundmaterialien mit hohem Füllstoffanteil große Schwierigkeiten bei der Verarbeitung, insbesondere bei der Homogenisierung der Mischung, auftreten können, woraus sich unerwünschte Schwankungen in der Qualität der resultierenden Endprodukte ergeben. Der Steigerung der elektrischen Leitfähigkeit von Polymersystemen der vorgenannten Art sind daher verhältnismäßig enge Grenzen gesetzt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Kunststoffelement auf der Basis von thermoplastischen oder duroplastischen Polymeren oder Polymerenmischungen mit verbesserter elektrischer Leitfähigkeit zu schaffen, wobei diese Leitfähigkeit mit einer relativ geringen Konzentration an elektrisch leitfähigen Füllstoffen erreicht werden soll, so daß das Kunststoffelement mit herkömmlichen Verarbeitungsverfahren, wie z. B. der Extrusions- oder Spritzgußtechnik, ohne Schwierigkeiten herstellbar ist. Dabei soll die elektrische Leitfähigkeit in einem relativ weiten Bereich eingestellt werden können, ohne daß dies zu einer merklichen Beeinträchtigung der Verarbeitbarkeit der Kunststoffmischungen und der mechanischen Eigenschaften der resultierenden Kunststoffelemente führt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Es wurde überraschend gefunden, daß die elektrische Leitfähigkeit eines Kunststoffelements der vorbezeichneten Art dadurch erheblich gesteigert werden kann, daß ein elektrisch leitfähiger Füllstoff aus Ruß und/oder Graphitpulver oder Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern in einer Konzentration, die mindestens so groß ist, daß die Perkolationsgrenze der leitfähigen Teilchen in der Polymermatrix erreicht oder gerade überschritten wird, mit mindestens einem zweiten elektrisch leitfähigen Füllstoff in einer Menge kombiniert wird, die deutlich unterhalb der Mindestkonzentration liegt, die für die Erreichung der Perkolationsgrenze für diesen bzw. diese zusätzlichen Füllstoffe erforderlich ist. Der hierbei erzielbare Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit des Kunst-

stoffelemente ist erheblich größer, als die Summe der Wirkungen der Einzelkomponenten erwarten läßt. Eine solche synergistisch verstärkte Wirkung der erfindungsgemäß kombinierten Füllstoffe wurde bei allen untersuchten Polymerzusammensetzungen beobachtet, die als Matrix für die elektrisch leitfähigen Füllstoffe eingesetzt wurden. Sie war auch bei genauer Kenntnis des vorbekannten Standes der Technik von einem Fachmann nicht vorhersehbar.

Der Vorteil einer solchen erfindungsgemäßen Kombination liegt auf der Hand. Um eine gewünschte gute elektrische Leitfähigkeit einer ausgewählten Polymermasse zu erreichen, muß nicht mehr wie bisher die Konzentration des elektrisch leitfähigen Füllstoffes bis zur Grenze der Verarbeitbarkeit der Polymermasse erhöht werden, sondern zur Erzielung der gleichen Wirkung reicht es nunmehr aus, geringe Mengen eines zweiten und gegebenenfalls dritten elektrisch leitfähigen Zusatzes zu dem als Perkolationssystem vorhandenen elektrisch leitfähigen Kohlenstoff in Form von Ruß und/oder Graphitpulver oder Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern zuzugeben entsprechend der Lehre der vorliegenden Erfindung, wie sie sich im kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs darstellt. Danach lassen sich erfindungsgemäß folgende in Tabelle I zusammengestellte elektrisch leitfähige Füllstoffkombinationen in einer Polymermatrix bilden:

Tabelle I

Nr.	Perkolierter Zusatzstoff (in einer die Perkulationsgrenze überschreitenden Konzentration)	2. Zusatzstoff (jeweils in einer Konzentration, die die Perkulationsgrenze nicht erreicht)	3. Zusatzstoff
1	Ruß und/oder Graphitpulver	Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern	Metallfasern und/oder metallisierte Kohlenstofffasern
2	Ruß und/oder Graphitpulver	Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern	—
3	Ruß und/oder Graphitpulver	Metallfasern und/oder metallisierte Kohlenstofffasern	—
4	Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern	Ruß und/oder Graphitpulver	Metallfasern und/oder metallisierte Kohlenstofffasern
5	Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern	Ruß und/oder Graphitpulver	—
6	Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern	Metallfasern und/oder metallisierte Kohlenstofffasern	—

Für den erfindungsgemäßen Zweck sind als Polymermatrix sowohl thermoplastische als auch duroplastische Polymere oder Polymerenmischungen geeignet, und zwar insbesondere solche, die in einem Temperaturbereich von 130 bis 380°C, vorzugsweise von 150 bis 350°C, schmelzen. Bevorzugt anwendbare Thermoplaste sind Polyolefine, insbesondere Hochdruckpolyethylen und Polypropylen mit hoher Kristallinität sowie Ethylen-Propylen-Copolymerisate, ferner Polyamide, Polyester, insbesondere Polybutylenterephthalat (PBTP), Polycarbonate, Polyphenylensulfide (PPS), lineare Polyurethane (TPU), aromatische Polyether, Polyetherketone und Polyethersulfone. Als Duroplaste werden ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze), Phenoplaste und vernetzbare Polyurethane bevorzugt angewendet.

Bei den in der Polymermatrix homogen verteilten elektrisch leitfähigen Zusatzstoffen unterscheidet man erfindungsgemäß diejenigen, die in einer solchen Menge in der Polymermatrix vorliegen, daß die Perkulationsgrenze der leitfähigen Teilchen in der Polymermatrix mindestens erreicht oder gerade überschritten wird, von denjenigen, die in einer erheblich geringeren Menge vorliegen als die das Perkolationssystem bildenden Zusatzstoffe. Für ein perkoliertes elektrisch leitfähiges Grundsystem werden in der entsprechend erforderlichen Menge folgende Zusatzstoffe angewendet:

1. Elektrisch leitfähiger Ruß, vorzugsweise jeweils mit einer spezifischen Oberfläche im Bereich von 120 bis 1600 m<sup>2</sup>/g (BET/N<sub>2</sub>). Besonders bevorzugt sind die folgenden Rußtypen:

- a) Ruß mit einer durchschnittlichen spezifischen Oberfläche von 120 m<sup>2</sup>/g in einer Menge von 20 bis 25 Gew.-%;
- b) Ruß mit einer durchschnittlichen spezifischen Oberfläche von 500 m<sup>2</sup>/g in einer Menge von 15 bis 20 Gew.-%;
- c) Ruß mit einer durchschnittlichen spezifischen Oberfläche von ca. 900 m<sup>2</sup>/g in einer Menge von 10 bis 15 Gew.-%;
- d) Ruß mit einer durchschnittlichen spezifischen Oberfläche von ca. 1200 m<sup>2</sup>/g in einer Menge von 5 bis 10 Gew.-%, wobei die Gewichtsprozente jeweils bezogen sind auf das Gewicht der Gesamtmasse.

2. Elektrisch leitfähiges Graphitpulver mit einer durchschnittlichen spezifischen Oberfläche von 6 bis 20 m<sup>2</sup>/g (BET/N<sub>2</sub>), einer mittleren Teilchengröße von 5 bis 40 µm und einer Dichte von 2,2 bis 2,3 g/ml.

3. Elektrisch leitfähige Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern, bevorzugt mit einem Faserdurchmesser von 5 bis

15 µm und mit einer durchschnittlichen Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 9 mm. Besonders bevorzugt werden aus Polyacrylnitril (PAN) hergestellte Kohlenstoff- bzw. Graphitfasern mit einer Dichte von 1,7 bis 1,9 g/ml angewendet.

Bei Ruß und/oder Graphitpulver als Perkolationssystem liegt der Gehalt bevorzugt im Bereich von 5 bis 25 Gew.-%, besonders bevorzugt von 10 bis 15 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse. Werden Kohlenstoff und/oder Graphitfasern als Perkolationssystem angewendet, dann liegt der Gehalt bevorzugt im Bereich von 5 bis 25 Gew.-%, besonders bevorzugt von 8 bis 20 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse.

Diejenigen der vorbezeichneten elektrisch leitfähigen Zusatzstoffe, die nicht das erforderliche perkolierte Grundsystem bilden, können in entsprechend geringerer Menge als synergistisch wirkende Komponente verwendet werden, wie dies in Anspruch 1 unter b<sub>1</sub> oder b<sub>2</sub> angegeben ist. Bildet leitfähiger Ruß und/oder Graphitpulver das Perkolationssystem, so können Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern in einer Menge von 0 bis 5 Gew.-%, vorzugsweise von 0 bis 2,5 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt in einer Menge von 0,05 bis 2,0 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, als synergistisch wirkende Komponente verwendet werden. Bilden hingegen elektrisch leitfähige Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern das Perkolationssystem, so können Ruß und/oder Graphitpulver in einer Menge von 0 bis 4 Gew.-%, bevorzugt von 0 bis 3 Gew.-% und besonders bevorzugt von 0,05 bis 2,5 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, als synergistisch wirkende Komponente eingesetzt werden.

Ferner sind als synergistisch wirkende Komponenten 0 bis 5 Gew.-%, bevorzugt 0 bis 3 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, Metallfasern und/oder metallisierte Kohlenstofffasern vorteilhaft anwendbar. Die Metallfasern haben vorzugsweise einen Faserdurchmesser von 5 bis 30 µm und eine durchschnittliche Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 9 mm. Die metallisierten Kohlenstofffasern weisen bevorzugt einen Faserdurchmesser von 6 bis 10 µm und eine durchschnittliche Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 6 mm auf, wobei die Schichtdicke des aufgetragenen Metalls etwa 0,5 µm beträgt. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bestehen die Metallfasern aus einem korrosionsbeständigen Metall, besonders bevorzugt aus Edelstahl. Die metallisierten Kohlenstofffasern bestehen vorzugsweise aus elektrolitisch vernickelten oder versilberten Kohlenstofffasern.

Das erfindungsgemäße Kunststoffelement kann daneben weitere, nicht elektrisch leitfähige Zusatzstoffe enthalten, die beispielsweise der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Kunststoffelementes dienen. So können z. B. mechanisch verstärkende Zusatzstoffe zur Erzielung bestimmter Festigkeiten in dem Kunststoffelement in Form von Glasfasern, beispielsweise mit einer durchschnittlichen Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 6 mm und einem Faserdurchmesser von 5 bis 15 µm, oder Glaskugeln, z. B. mit einem mittleren Durchmesser von 5 bis 50 µm oder Glassplitter, z. B. mit einer mittleren Teilchengröße von etwa 400 µm, eingesetzt werden ferner mineralische Füllstoffe z. B. Carbonate, insbesondere Calciumcarbonat, Silicate, Kieselerde oder Bariumsulfat u. dgl. Diese Zusatzstoffe werden in den üblichen Konzentrationen, beispielsweise die Glasfasern, Glaskugeln und mineralischen Füllstoffe in Mengen bis zu 20 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, eingesetzt. Sie haben in diesen Mengen keinen oder nur einen geringen Einfluß auf die elektrische Leitfähigkeit der erfindungsgemäßen Kunststoffelemente.

Besteht das Perkolationssystem in der Polymermatrix aus Ruß und/oder Graphitpulver, so können demnach geringe Mengen von Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern und/oder Metallfasern und/oder metallisierten Kohlenstofffasern einen synergistischen Effekt hervorrufen, der sich in einer sprunghaften Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit äußert, die erheblich höher ist, als man bei einer additiven Wirkung der Komponenten erwarten und voraussehen würde. Beispielsweise wurde an einem Kunststoffelement aus einer Polypropylenmatrix mit einem Gehalt von 10 Gew.-% Ruß, der eine spezifische Oberfläche von 950 m<sup>2</sup>/g (BET/N<sub>2</sub>) aufwies, bei 23°C eine elektrische Leitfähigkeit von 31 mS/cm gemessen. Ein entsprechendes Kunststoffelement mit lediglich einem Gehalt von 0,1 Gew.-% Kohlenstofffasern zeigte gegenüber einem Kunststoffelement ohne elektrisch leitfähigen Zusatz keine meßbare Änderung der Leitfähigkeit, die in beiden Fällen bei 10<sup>-7</sup> mS/cm lag. Setzt man hingegen dem Kunststoffelement mit einem Gehalt von 10 Gew.-% Ruß noch 0,1 Gew.-% Kohlenstofffasern zu, so steigt die elektrische Leitfähigkeit von 31 mS/cm auf 73 mS/cm, d. h. um über 130%.

Ähnliche Ergebnisse, durch die ein synergistischer Effekt anderer erfindungsgemäßer Füllstoffkombinationen dargetan wird, sind in der nachfolgenden Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II

Elektrische Leitfähigkeit  $\kappa$  von Polypropylenmatrizen, mit Ruß als perkoliertem System + verschiedenen elektrisch leitfähigen Füllstoffzusätzen + 15 bis 20 Gew.-% Glasfasern bei 23°C und 50% r. F.

Nr.	Füllstoffzusatz	Gew.-% (bez. auf Gesamtmasse)	$\kappa$ (ms/cm)	
1	Ruß	10	31	10
2	Kohlenstoffasern	0,1	$2 \cdot 10^{-7}$	
3	Ruß + Kohlenstoffasern	10 + 0,1	73	
4	Kohlenstoffasern	0,4	$2,1 \cdot 10^{-7}$	
5	Ruß + Kohlenstoffasern	10 + 0,4	140	
6	Ruß + Kohlenstoffasern	10 + 4	570	15
7	Stahlfasern	0,4	$1 \cdot 10^{-7}$	
8	Ruß + Stahlfasern	10 + 0,4	190	
9	Ruß + Kohlenstoffasern + Stahlfasern	10 + 0,4 + 0,4	280	
10	Ruß + Kohlenstoffasern + Stahlfasern	10 + 4 + 4	1250	20

Wählt man als Perkolationssystem z. B. in einer Polyamid-6-Matrix Kohlenstoffasern und/oder Graphitfasern, denen als weitere elektrisch leitfähige Zusätze geringe Mengen an Ruß und/oder Graphitpulver, Metallfasern und/oder metallisierten Kohlenstoffasern zugesetzt werden, so zeigt sich auch hier ein analoger synergistischer Effekt in einer sprunghaften Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit. Beispiele hierfür gehen aus den in Tabelle III zusammengestellten Ergebnissen hervor.

Tabelle III

Elektrische Leitfähigkeit  $\kappa$  von Polyamid-6-Matrizen mit Kohlenstoffasern als perkoliertem System + verschiedenen elektrisch leitfähigen Füllstoffzusätzen + Zusatz von Glasfasern bis zum Gesamtfasergehalt von 12,5 Gew.-% bei 23°C und 50% r. F.

Nr.	Füllstoffzusatz	Gew.-% (bez. auf Gesamtmasse)	$\kappa$ (ms/cm)	
1	ohne	0	$4 \cdot 10^{-7}$	30
2	Ruß	3	$1 \cdot 10^{-7}$	
3	Ruß	23	2,6	
4	Kohlenstoffasern	10,5	2,9	40
5	Kohlenstoffasern + Ruß	10,5 + 3	16	
6	Kohlenstoffasern	12	28	
7	Kohlenstoffasern + Stahlfasern	12 + 0,5	250	45

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Kunststoffelemente kann nach herkömmlichen Verfahren erfolgen, wie sie bei der Verarbeitung von thermoplastischen und duroplastischen Werkstoffen gebräuchlich und bekannt sind. Die Ausgangsmaterialien, aus denen die jeweilige Polymermatrix hergestellt werden soll, liegen gewöhnlich in Form von Granulaten, Pulvern oder Fasern vor. Sie werden zunächst zusammen mit den elektrisch leitfähigen und gegebenenfalls auch nicht leitfähigen Zusatzstoffen mechanisch vermischt und dann in Extrudern, Knetern, Mischwalzwerken und anderen geeigneten Plastifikatoren thermisch-mechanisch behandelt, wobei die schmelzbaren Bestandteile geschmolzen und die nicht schmelzbaren Bestandteile, insbesondere die elektrisch leitfähigen Zusatzstoffe, in der Schmelze homogen verteilt werden. Dabei werden diese Zusatzstoffe z. T. simultan weiter zerkleinert, beispielsweise können eventuell zugegebene Fasermaterialien durch die Behandlung zu kürzerfasrigen Produkten zerkleinert werden.

Die resultierende Formmasse kann in verschiedener Weise aus der plastifizierenden Vorrichtung ausgetragen werden, z. B. bei einer Strangextrusion als Strang, der zu einem Zylindergranulat der gewünschten Korngröße geschnitten wird, oder bei einer Profilextrusion als Stange mit dem gewünschten Profil, die in vorbestimmten Längen geschnitten werden kann, oder als ungeformte, erstarrte Schmelze, die in geeigneten Vorrichtungen, wie Profilwalzen oder Schneidwalzen, direkt zu Granulaten vermahlen werden kann. Die erhaltenen Granulate werden dann zur Herstellung von Formteilen bzw. Werkstücken in bekannter Weise, z. B. durch Spritzgießen oder Spritzpressen in die gewünschten Formen, weiterverarbeitet, aus denen die Formteile nach dem Abkühlen und Erstarren bzw. nach dem Aushärten ausgestoßen werden.

Selbstverständlich ist es auch möglich, ohne den Umweg über die Herstellung von Granulaten die erhitzten plastischen Formmassen direkt mit hoher Geschwindigkeit und unter Druck in geschlossene Formen zu spritzgießen oder zu spritzpressen, die gebildeten Formteile oder Werkstücke im Falle von Thermoplasten dann bis zur Erstarrung abkühlen zu lassen oder im Falle von Duroplasten durch Temperatureinwirkung erst vernetzen

zu lassen, worauf die Formteile oder Werkstücke entformt werden. Diese Maßnahmen sind dem Fachmann bekannt und brauchen daher nicht näher erläutert zu werden.

Der Einsatz der erfindungsgemäß synergistisch wirkenden Kombinationen bestimmter elektrisch leitfähiger Füllstoffe bewirkt in den Kunststoffelementen eine überraschend große Steigerung der elektrischen Leitfähigkeit und ermöglicht durch die Zugabe der elektrisch leitfähigen Füllstoffe in dosierten Mengenverhältnissen eine Einstellung der elektrischen Leitfähigkeit des erfindungsgemäßen Kunststoffelements in einem weiten Bereich, ohne daß hierdurch die mechanischen Eigenschaften des Kunststoffelements beeinträchtigt werden.

Die erfindungsgemäßen Kombinationen von elektrisch leitfähigen Füllstoffen weisen außer der gezeigten überraschenden synergistischen Wirkung auch einen vorteilhaften stabilisierenden Effekt auf, der sich bei perkolierten Systemen aus Ruß/Graphitpulver darin äußert, daß ein Absinken der elektrischen Leitfähigkeit, die bei ausschließlicher Verwendung von z. B. Ruß nach einer gewissen Beanspruchungsdauer stets zu beobachten ist, durch die Kombination mit geringeren Mengen an Kohlenstoffasern und/oder Graphitfasern und/oder Metallfasern oder metallisierten Kohlenstoffasern vollständig aufgehoben wird, so daß ein erfindungsgemäßes Kunststoffelement auch bei lang anhaltender Beanspruchung seine elektrische Leitfähigkeit praktisch konstant beibehält. Bei perkolierten Systemen aus Kohlenstoffasern ist hingegen bekannt, daß ihr elektrischer Widerstand unter Stromlast mit steigender Temperatur sinkt, und zwar in einem solchen Maße, daß es zu einer Selbstzerstörung des betreffenden Produktes kommen kann. Durch Anwendung der erfindungsgemäßen Kombination von Kohlenstoffasern als perkolierem System mit geringeren Mengen an Ruß und/oder Graphitpulver und/oder Metallfasern oder metallisierten Kohlenstoffasern erreicht man unter Stromlast eine Stabilisierung des elektrischen Widerstandes bei höheren Temperaturen bis zur oberen Gebrauchstemperatur des Polymeren in einem solchen Maße, daß die Gefahr einer Selbstzerstörung vollständig beseitigt wird. Diese Vorteile sind insofern von großer Wichtigkeit, als sie die Gebrauchsfähigkeit des erfindungsgemäßen Kunststoffelements enorm steigern.

Dementsprechend zeigt das erfindungsgemäße Kunststoffelement in weiten Bereichen eine nur geringe Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der Temperatur, d. h. sehr kleine Temperaturleitwerte  $\alpha$ , eine deutlich verbesserte Heizenergieverteilung, was von großem Vorteil bei der Verwendung als Heizelement ist und bedeutet, daß sich bei gleicher Leistungsaufnahme die Temperatur in den Strompfaden des Kunststoffelements reduzieren läßt. Dies hat eine verringerte thermische Belastung der Polymermatrix zur Folge, da keine örtlichen Überhitzungen im Bereich der Leitfähigkeitszusätze auftreten. Gleichzeitig wird hierdurch eine erhebliche Verbesserung der Langzeitstabilität des erfindungsgemäßen Kunststoffelements sowohl hinsichtlich seiner Heizleistung als auch seiner mechanischen Eigenschaften erreicht.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Kunststoffelements besteht darin, daß sich durch eine dosierte Zugabe der synergistisch wirkenden Kombinationen elektrisch leitfähiger Zusatzstoffe der Widerstands-Temperatur-Koeffizient in weiten Bereichen variieren läßt und insbesondere durch die Verwendung von Metallfasern bzw. metallisierten Kohlenstoffasern kleine Widerstands-Temperatur-Koeffizienten über den gesamten Einsatztemperaturbereich erreicht werden können, und zwar selbst bei sehr niedrigen Temperaturwerten, z. B. bei  $-15$  bis  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Aufgrund der vorerwähnten Vorteile läßt sich das erfindungsgemäße Kunststoffelement auf den verschiedensten technischen Gebieten überall dort einsetzen, wo elektrisch leitfähige Bauelemente gebraucht werden. Besonders hervorgehoben werden in diesem Zusammenhang die Verwendungen des Kunststoffelements als Heizelement, z. B. zur Beheizung von flächigen Gebilden, wie Matten, Flüssigkeitsbehälter, Außenspiegel bei Kraftfahrzeugen sowie Scheiben- oder Scheinwerferwaschanlagen u. dgl., und als elektronische Bauelemente, beispielsweise im Bereich der Fahrzeug- und Flugtechnik.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen weiter erläutert. Wenn nichts anderes angegeben, sind die Prozentangaben Gewichtsprozente, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse.

#### Beispiel 1

Ein elektrisch leitfähiges Kunststoffelement gemäß der Erfindung mit einer Polypropylenmatrix wurde wie folgt hergestellt: Zunächst wurde eine Mischung aus 65,45% isotaktischem Polypropylen (Homopolymer) in Granulatform, 14,00% Kurzschnittglasfasern mit einem Faserdurchmesser von 5 bis 15  $\mu\text{m}$  und einer Faserlänge des Einsatzmaterials von 3 bis 6 mm, 9,85% Ruß mit einer spezifischen Oberfläche von  $950\text{ m}^2/\text{g}$  (BET/ $\text{N}_2$ ), 5,30% Edelstahlfasern mit einem Faserdurchmesser von 5 bis 15  $\mu\text{m}$ , einer Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 6 mm und mit einem Gehalt von 25% Bindemittel, 4,00% Kohlenstoffasern, gewonnen aus Polyacrylnitril (PAN), mit einem Faserdurchmesser von 6 bis 9  $\mu\text{m}$  und einer Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 6 mm sowie 1,40% Stabilisatoren und Kopplungsmittel, in einem Flügelmischer homogen gemischt und durch Strangextrusion zu Granulaten verarbeitet. Das erhaltene Granulat wurde mittels Spritzguß zu stangenförmigen Probekörpern mit den Abmessungen  $85\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 4\text{ mm}$  verarbeitet. Die spritzgegossenen Probekörper wurden mit zwei Durchgangsbohrungen (Durchmesser 5,5 mm) im Abstand von 33 mm für die Aufnahme von Klemmen in Form von Schraubverbindungen und zusätzlich in der Mitte zwischen diesen beiden Bohrungen mit einer weiteren, 2 mm tiefen Bohrung (Durchmesser 1 mm) für die Aufnahme eines Thermoelements versehen. Die Innenflächen der Bohrungen wurden mit Silberleitlack beschichtet. Die Klemmen wurden mit einer Gleichspannungsquelle verbunden, wobei ein Amperemeter und ein Voltmeter zwischengeschaltet waren.

Die Meßspannung zwischen den Klemmen betrug 3 Volt, der Abstand zwischen den Klemmen war mit 33 mm

gleich dem Abstand der Durchgangsbohrungen. Die Stromstärke  $I$  wurde gemessen. Die vom elektrischen Strom durchflossene Querschnittsfläche entsprach aufgrund der gewählten Versuchsanordnung der gesamten bekannten Querschnittsfläche des Probekörpers. Aus den bekannten Abmessungen des Probekörpers und der gemessenen elektrischen Spannung und Stromstärke wurde der spezifische Durchgangswiderstand  $\rho_D = R_D \cdot A/l$  bei den eingestellten Temperaturen  $+23^\circ\text{C}$  und  $-40^\circ\text{C}$  ermittelt, wobei  $R_D$  den Durchgangswiderstand ( $\Omega$ ),  $A$  die Querschnittsfläche des Probekörpers ( $\text{cm}^2$ ) und  $l$  den Klemmenabstand (3,3 cm) bedeuten. Bei  $23^\circ\text{C}$  betrug die relative Luftfeuchtigkeit (r. F.) 50%. Die bei Spannungsbelastung auftretende Temperatur wurde mit einem Thermoelement gemessen, das in die 2 mm tiefe Bohrung zwischen den beiden Durchgangsbohrungen des Probekörpers eingeführt wurde und dessen Zuleitungen am Probekörper befestigt waren.

Es ergaben sich folgende spezifischen Durchgangswiderstände:

$$\rho_{23^\circ\text{C}} = 0,735 \Omega\text{cm}; \rho_{-40^\circ\text{C}} = 0,727 \Omega\text{cm}.$$

Daraus ergeben sich die entsprechenden elektrischen Leitfähigkeiten.

$$\kappa_{23^\circ\text{C}} = 1360 \text{ mS/cm}; \kappa_{-40^\circ\text{C}} = 1375 \text{ mS/cm}.$$

Aus den ermittelten spezifischen Widerstandswerten  $\rho$  bei  $23^\circ\text{C}$  und  $-40^\circ\text{C}$  läßt sich der Temperaturbeiwert  $\alpha_1$  des Probekörpers aus der Formel

$$\alpha_1 = \left( \frac{\rho_{40}}{\rho_{23}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{-40 - 23}$$

errechnen. Man erhält  $\alpha_1 = 1,727 \cdot 10^{-4}$ .

Zum Vergleich wurde ein Kunststoffelement mit 20 Gew.-% Kohlenstoffasern und einer Polyamid-6-Matrix denselben Prüfungen bei  $23^\circ\text{C}$  und  $-40^\circ\text{C}$  unterzogen. Für dieses Material ergaben sich folgende Werte:

$$\rho_{23^\circ\text{C}} = 0,58 \Omega\text{cm}; \rho_{-40^\circ\text{C}} = 0,43 \Omega\text{cm};$$

$$\alpha_2 = 4,11 \times 10^{-3}.$$

Ein Vergleich zwischen  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  zeigt, daß der Temperaturbeiwert  $\alpha_1$  des erfindungsgemäßen Materials um mehr als eine Zehnerpotenz kleiner ist als der Temperaturbeiwert  $\alpha_2$  für das bekannte Vergleichsmaterial, was bedeutet, daß das erfindungsgemäße Kunststoffelement in dem gemessenen Temperaturbereich eine praktisch konstante elektrische Leitfähigkeit aufweist, während das Vergleichsmaterial in diesem Temperaturbereich eine deutliche Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit zeigt.

#### Beispiel 2

Die Zusammensetzung der Mischung dieses Beispiels unterscheidet sich von der des Beispiels 1 nur dadurch, daß anstelle der Kurzschnittglasfasern 14 Gew.-% Mikroglasskugeln mit einem Durchmesser von weniger als  $50 \mu\text{m}$  eingesetzt wurden.

Die Temperatur-Widerstandsmessungen erfolgten wie in Beispiel 1 bei  $-40^\circ\text{C}$  Umgebungstemperatur. Der Probekörper, der die gleichen Abmessungen wie der in Beispiel 1 hatte, wurde einem 250 Stunden dauernden Wechseltest unterzogen, bei dem jeweils 30 Minuten Belastung mit einer Spannung von 4,5 Volt und 30 Minuten ohne Belastung abwechselten. Die Temperatur blieb über die gesamte Versuchsdauer konstant bei  $72 \pm 3^\circ\text{C}$ , eine Änderung des spezifischen Durchgangswiderstandes war während dieser Zeit nicht festzustellen.

Als Vergleichsmaterial wurde wiederum eine Polyamid-6-Matrix mit 20 Gew.-% Kohlenstoffasern gewählt. Der Wechseltest wurde unter den gleichen Temperaturbedingungen an dem Vergleichsmaterial mit einer Spannung von 3 Volt durchgeführt, wobei der Test nach 40 Stunden abgebrochen werden mußte, da die Temperatur bereits von anfänglich  $73^\circ\text{C}$  auf  $97,4^\circ\text{C}$  angestiegen und der Widerstand um 30% abgesunken war.

Ein ähnliches Verhalten sowohl des erfindungsgemäßen Materials als auch des Vergleichsmaterials wurde bei Raumtemperatur ( $23^\circ\text{C}$ ) festgestellt. Das erfindungsgemäße Material zeigte bei den Wechseltests keine Änderung von Temperatur und Widerstand, während das Vergleichsmaterial bereits nach 3 Wechselzyklen einen Temperaturanstieg von  $8^\circ\text{C}$  und eine Widerstandsänderung von 26% aufwies.

#### Beispiel 3

Es wurden elektrisch leitfähige Kunststoffelemente in der in Beispiel 1 angegebenen Weise mit den folgenden Zusammensetzungen hergestellt, wobei die einzelnen Bestandteile die gleichen Eigenschaften aufwiesen, wie in Beispiel 1 beschrieben.

Formmasse 1 (Vergleichsmaterial):

69,05% isotaktisches Polypropylen  
20,00% Kurzschnittglasfasern  
9,45% Ruß  
1,5% Stabilisatoren und Kopplungsmittel

Formmasse 2 (gemäß Erfindung):

69,20% isotaktisches Polypropylen  
19,85% Kurzschnittglasfasern  
9,45% Ruß



# DE 40 24 268 A1

0,1% Kohlenstoffasern (aus PAN)  
1,4% Stabilisatoren und Kopplungsmittel

Formmasse 3 (gemäß Erfindung):

68,70% isotaktisches Polypropylen  
19,85% Kurzschnittglasfasern  
9,45% Ruß  
0,1% Kohlenstoffasern (aus PAN)  
0,45% Edelstahlfasern  
1,45% Stabilisatoren und Kopplungsmittel

Diese Formmassen wurden mit der in Beispiel 1 beschriebenen Versuchsanordnung untersucht. Es wurden die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Meßergebnisse erhalten:

Material	$\rho_D (\Omega \text{cm})$	$\kappa (\text{mS/cm})$	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
Formmasse 1	32,4	31	31
Formmasse 2	14,2	70	68
Formmasse 3	12,9	77,5	77,2

Formmasse 2 unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung von der Vergleichsformmasse 1 lediglich dadurch, daß sie neben 9,45 Gew.-% Ruß auch 0,1 Gew.-% Kohlenstoffasern enthält. Dieser geringe Zusatz führt zu einer Verringerung des spezifischen Durchgangswiderstandes  $\rho_D$  um weit mehr als 50% oder, umgekehrt, zu einer praktisch 125%igen Steigerung der elektrischen Leitfähigkeit. Demgegenüber besitzt ein Material aus Polypropylenmatrix mit lediglich 0,1 Gew.-% Kohlenstoffasern als Leitfähigkeitszusatz eine spezifische Leitfähigkeit von  $< 10^{-10} \text{ S/cm}$  und damit praktisch die gleichen Isolatoreigenschaften wie ein Polypropylenmaterial ohne jeglichen Leitfähigkeitszusatz.

Eine weitere Steigerung der Leitfähigkeit bzw. ein weiteres Absinken des elektrischen Widerstandes zeigt die Formmasse 3, die sich von der Formmasse 2 in ihrer Zusammensetzung lediglich dadurch unterscheidet, daß zusätzlich zu den 9,45% Ruß und 0,1% Kohlenstoffasern noch 0,45% Edelstahlfasern zugesetzt wurden. Gegenüber der Vergleichsformmasse 1 sinkt der spezifische Durchgangswiderstand sogar um ca. 60% ab. Eine entsprechende Formmasse, die lediglich 0,1% Kohlenstoffasern und 0,45% Edelstahlfasern als Leitfähigkeitszusätze enthält, zeigt wiederum gegenüber einem Polypropylenmaterial ohne Leitfähigkeitszusätze keine feststellbare Änderung des elektrischen Widerstandes.

Diese Ergebnisse zeigen, daß bereits geringste Mengen von Kohlenstoffasern und Edelstahlfasern zum perkolierten System aus Ruß ausreichen, um eine enorme Verringerung des spezifischen Durchgangswiderstandes bzw. eine erhebliche Steigerung der Leitfähigkeit zu erzielen.

## Beispiel 4

Es wurden elektrisch leitfähige Kunststoffelemente in der in Beispiel 1 angegebenen Weise auf der Basis von isotaktischem Polypropylen als Polymermatrix mit 18 bis 20% Kurzschnittglasfasern, 9,45% Ruß mit einer spezifischen Oberfläche von  $950 \text{ m}^2/\text{g}$  (BET/ $\text{N}_2$ ) und unterschiedlichen Mengen an Kohlenstoffasern, die in der nachfolgenden Tabelle angegeben sind, hergestellt. Es wurden Temperatur-Widerstandsmessungen in der in Beispiel 1 angegebenen Weise mit entsprechend zusammengesetzten und abgemessenen Probekörpern vorgenommen. Die Meßspannung betrug 12 Volt, die Messungen wurden bei  $23^{\circ}\text{C}$  Umgebungstemperatur und 50% relativer Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Gehalt an Kohlenstoffasern*) (Gew.-%)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\rho_D$ ( $\Omega \text{cm}$ )	$\kappa$ ( $\text{mS/cm}$ )
0	31	32,4	31
0,1	64	14,2	70
0,4	120	8,5	117
1,7	> 150	3,1	320

\*) zusätzlich zu 9,45 Gew.-% Ruß in der Polypropylenmatrix.

Die Ergebnisse zeigen, daß durch die Zugabe von Kohlenstoffasern zu dem perkolierten Grundsystem Ruß die erreichbaren Temperaturen in weiten Bereichen variiert werden können. Bei einem Gehalt von 1,7% Kohlenstoffasern ist die Grenze der Belastbarkeit der Polypropylenmatrix für diese Geometrie verhältnisse erreicht.

## Patentansprüche

1. Elektrisch leitfähiges Kunststoffelement auf Basis von thermoplastischen oder duroplastischen Polymeren oder Polymerenmischungen mit in der Polymermatrix homogen verteiltem elektrisch leitfähigem Kohlenstoff, gegebenenfalls zusammen mit Metallen, gekennzeichnet durch einen Gehalt an  
a<sub>1</sub>) elektrisch leitfähigem Ruß und/oder Graphitpulver in einer Konzentration, die mindestens so groß ist, daß die Perkolationsgrenze der leitfähigen Teilchen in der Polymermatrix erreicht oder gerade überschritten wird, und  
b<sub>1</sub>) 0 bis 5 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, elektrisch leitfähige Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern, oder  
a<sub>2</sub>) elektrisch leitfähigen Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern in einer Konzentration, die mindestens so groß ist, daß die Perkolationsgrenze der leitfähigen Teilchen in der Polymermatrix erreicht oder gerade überschritten wird, und  
b<sub>2</sub>) 0 bis 4 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, elektrisch leitfähigen Ruß und/oder Graphitpulver, und  
c) 0 bis 5 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Polymermatrix, Metallfasern und/oder metallisierte Kohlenstofffasern, mit der Maßgabe, daß b<sub>1</sub> bzw. b<sub>2</sub> nur Null sein darf, wenn c größer als Null ist. 5
2. Kunststoffelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ruß eine spezifische Oberfläche im Bereich von 120 bis 1600 m<sup>2</sup>/g (BET/N<sub>2</sub>) aufweist.
3. Kunststoffelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Graphitpulver eine durchschnittliche spezifische Oberfläche von 6 bis 20 m<sup>2</sup>/g (BET/N<sub>2</sub>), eine mittlere Teilchengröße von 5 bis 40 µm und eine Dichte von 2,2 bis 2,3 g/ml aufweist. 10
4. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es als Kohlenstofffasern und/oder Graphitfasern solche mit einem Durchmesser von 5 bis 15 µm und mit einer durchschnittlichen Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 9 mm enthält. 15
5. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt an Ruß und/oder Graphitpulver als Perkolationssystem 5 bis 25 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, beträgt. 20
6. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt an Ruß und/oder Graphitpulver als Perkolationssystem 10 bis 15 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, beträgt. 25
7. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt an Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern als Perkolationssystem 5 bis 25 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, beträgt. 30
8. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt an Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern als Perkolationssystem 8 bis 20 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, beträgt. 35
9. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt der unter b<sub>1</sub> genannten Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern 0 bis 2,5 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, beträgt. 40
10. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt des unter b<sub>2</sub> genannten Rußes und/oder Graphitpulvers 0 bis 3 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, beträgt. 45
11. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallfasern einen Faserdurchmesser von 5 bis 30 µm und eine durchschnittliche Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 9 mm haben. 50
12. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallfasern aus einem korrosionsbeständigen Metall bestehen.
13. Kunststoffelement nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallfasern aus Edelstahl bestehen. 55
14. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die metallisierten Kohlenstofffasern einen Faserdurchmesser von 6 bis 10 µm und eine durchschnittliche Faserlänge des Ausgangsmaterials von 3 bis 6 mm aufweisen, wobei die Schichtdicke des aufgetragenen Metalls bei etwa 0,5 µm liegt.
15. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die metallisierten Kohlenstofffasern aus elektrolytisch vernickelten oder versilberten Kohlenstofffasern bestehen. 60
16. Kunststoffelement nach den Ansprüchen 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt der Metallfasern und/oder metallisierten Kohlenstofffasern 0 bis 3 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Gesamtmasse, beträgt.
17. Verwendung des Kunststoffelements nach den Ansprüchen 1 bis 16 als Heizelement oder als elektronisches Bauelement, insbesondere im Bereich der Fahrzeug- und Flugtechnik.

– Leerseite –